

補助事業番号 28-132
補助事業名 平成28年度 FAインテグレータを必要としない「工業部品形状仮説」
に基づくピンピッキングロボットの研究開発補助事業
補助事業者名 東北大学 荒井翔悟

1 研究の概要

本研究では、ピンピッキングロボットに必要な不可欠な要素技術の一つであるばら積み部品の位置姿勢推定アルゴリズムについて、部品毎に変更するパラメータ数が少なく、かつ高精度推定が可能なアルゴリズム開発を実施した。開発したアルゴリズムの性能を、数値シミュレーション、ならびにピンピッキングロボットを使ったピッキング実験によって評価し、良好な結果を得た。

2 研究の目的と背景

低コストで変種変量生産を行うためには、部品を組立ロボットに供給する装置としてピンピッキングロボットは必要不可欠な存在である。これまで広く使用されてきたパーツフィーダと異なり、ピンピッキングロボットは供給する部品種類の変更にソフトウェアで対応可能である（ハンドの交換が必要な場合はある）。という利点を持つ一方、部品形状に依存するプログラム中のパラメータ調整をFAインテグレータに要求する。このため、供給する部品を変更するためには、人手と時間が必要であるという課題が依然として残されている。この問題を解決するため、本研究では、部品毎に変更するパラメータ数が少ない高精度なばら積み部品の位置姿勢推定アルゴリズムを開発する。さらに、開発されたアルゴリズムをピンピッキングロボットへ実装し、ピッキング実験による性能評価をあわせて実施する。

3 研究内容

(1) ばら積み部品の位置姿勢推定アルゴリズム開発

項目2「研究の目的と背景」に記載した目的を達成するためにばら積み部品の位置姿勢推定アルゴリズムの開発を行った。

まず、特徴量を使ったアルゴリズムでは、Point Pair Featureをベース特徴量として採用し、部品毎にチューニングする必要があるパラメータ数を極力少なくした。このアルゴリズムを用いた数値シミュレーション、ならびにピンピッキング実験による検証の結果、工業部品の姿勢によって推定精度が大きく変化してしまうことが分かった。つまり、高精度に推定可能な姿勢と推定に失敗する姿勢が存在する。本補助事業の対象とするピンピッキングロボットはばら積み状態の部品を一つ一つピックアップする。ばら積みの部品は、様々な姿勢を取り得るため、姿勢によって推定精度が変化することは避けなければならない。この問題を解決するため、ターゲット

ット部品のモデルを用いて、部品の姿勢毎に特徴量テーブルを作成・統合する方法を提案した。数値シミュレーションによる検証、ビンピッキング実験による検証の結果、部品の姿勢に依らない高精度な推定が可能であることが確認された。

研究期間終盤に、特徴量を用いないばら積み部品の位置姿勢法の考案に着手した。従来のアルゴリズムでは、サンプルデータに対する平均収束性に関して高い性能が得られることが知られている。しかし、我々が行った検証の結果、最悪データサンプルに着目した際の、ロバスト性が相当程度低いことが分かった。この問題を解決するため、最悪データサンプルに着目して、ロバスト性を向上させるアルゴリズムを提案し、数値シミュレーションによって良好な結果を得た。

(2) ビンピッキングロボットシステムの構築、ならびに考案したアルゴリズムのピッキング実験による検証

ビンピッキングロボットシステムを構築した。システムは主に、6自由度の垂直多関節ロボット、三次元計測センサ、および計算機から構成される。システム構成後に三次元センサとロボット間のキャリブレーションを実施した。実験では、実際の工業製品に使用されている樹脂製の工業部品20種類に対するビンピッキング実験を行い提案したアルゴリズムの性能評価を実施した。検証の結果、良好な結果を得たが、特定の部品に対して推定精度が低く、ピッキング成功率が低かった。推定精度が低い結果となった部品は、カメラの解像度に対して部品サイズが小さく、姿勢によって計算された Point Pair Feature が大きく変動し、事前に登録されたテーブルとの誤差が大きくなるため推定精度が悪化したと考えられる。この点については、今後の課題としたい。

URL: <https://araishogo.wixsite.com/arai/research>

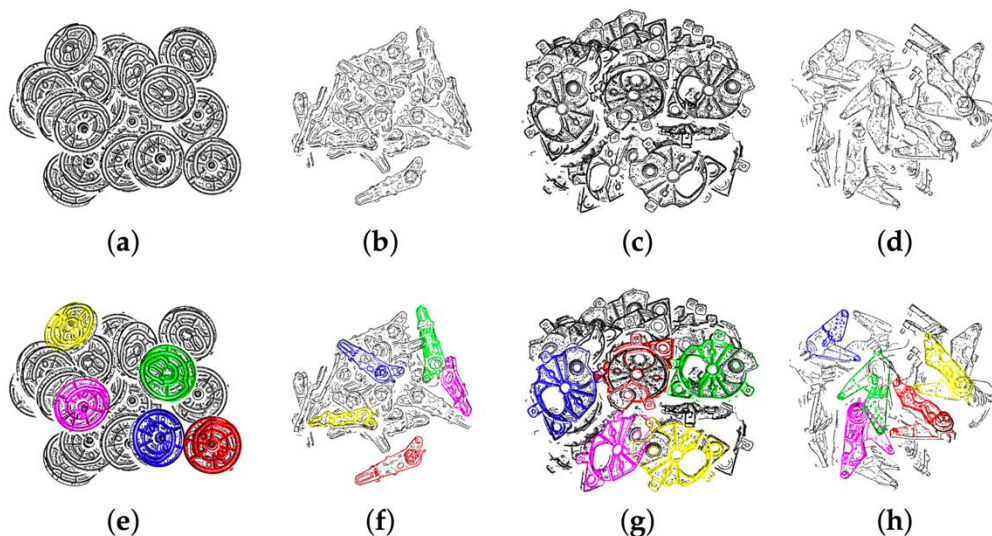


図1. 提案法によるばら積み部品の位置姿勢推定結果

表1. 提案法とPPFの認識成功率の比較

Methods	Part A	Part B	Part C	Part D	Average
Proposed Method	100%	99.3%	100%	100%	99.8%
Original PPF [10]	71.3%	66%	49%	90%	69.2%

表2. 提案法とPPFの計算時間の比較

Methods	Part A	Part B	Part C	Part D	Average
Proposed Method	987	401	1276	892	889
Original PPF [10]	1754	1470	3033	4430	2671.8

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本補助事業で実施したビンピッキングロボットに関する研究で得られた成果は、幅広い業種でのビンピッキングロボット導入につながる効果があると考えられる。特に、労働力不足が深刻な問題となりつつある日本では、これまで以上にFactory Automationを推進する必要性に迫られている。さらに、多品種変量生産に効率的な対応を求められる昨今の状況では、導入が容易かつピッキング対象部品の設定変更が容易なビンピッキングロボットが必要不可欠である、本補助事業によって、多種類の部品のピッキングが可能で、ターゲット部品の変更が用意に可能なビンピッキングロボットの開発・導入が進むと予想される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、これまでシステム制御理論、およびロボットビジョンに関する研究に

従事してきた。ビンピッキングは、ロボット工学の古典的な課題であると同時に、実需要の高い研究課題である。本補助事業で実施したビンピッキングロボットは、ロボットビジョンとシステム制御理論に深く関係する分野であり、コアテーマの一つとして位置づけている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

Diyi Liu, Shogo Arai, Jiaqi Miao, Jun Kinugawa, Zhao Wang, and Kazuhiro Kosuge, "Point Pair Feature-Based Pose Estimation with Multiple Edge Appearance Models (PPF-MEAM) for Robotic Bin Picking," vol. 18, no. 8, 2018.

7 補助事業に係る成果物

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東北大学大学院工学研究科荒井研究室（トウホクダイガクダイガクイン
コウガクケンキュウカアライケンキュウシツ）

住 所： 〒980-8579

仙台市青葉区荒巻青葉6-6-0 1 東北大学大学院工学研究科ロボティクス専攻荒井研究室

申 請 者： 准教授 荒井翔悟（アライショウゴ）

担 当 部 署： ロボティクス講座 ロボットシステム学分野（ロボティクスガクコウザ
ロボットシステムガクブンヤ）

E - m a i l : arai@tohoku.ac.jp

U R L : <http://www.irs.mech.tohoku.ac.jp/>